

#3/14/02

Docket No.: H6810.0028/P028
(PATENT)

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of:
Osamu Itou, et al.

Application No.: Not Yet Assigned

Group Art Unit: N/A

Filed: herewith

Examiner: Not Yet Assigned

For: LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE



CLAIM FOR PRIORITY AND SUBMISSION OF DOCUMENTS

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Dear Sir:

Applicant hereby claims priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign application filed in the following foreign country on the date indicated:

<u>Country</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
Japan	2001-007712	January 16, 2001

In support of this claim, a certified copy of the said original foreign application is filed herewith.

Dated: August 15, 2001

Respectfully submitted,

By Mark J. Thronson

Mark J. Thronson

Registration No.: 33,082

DICKSTEIN SHAPIRO MORIN &
OSHINSKY LLP

2101 L Street NW

Washington, DC 20037-1526

(202) 775-4742

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

110002128 95
J1000 U.S. PTO
09/930208
08/16/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 1月16日

出願番号

Application Number:

特願2001-007712

出願人

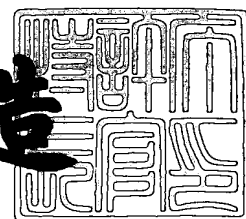
Applicant(s):

株式会社日立製作所

2001年 5月11日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3040321

【書類名】 特許願

【整理番号】 H4114

【提出日】 平成13年 1月16日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G09F 9/35

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立
 製作所 日立研究所内

 【氏名】 伊東 理

【発明者】

 【住所又は居所】 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立
 製作所 日立研究所内

 【氏名】 小村 真一

【特許出願人】

 【識別番号】 000005108

 【氏名又は名称】 株式会社 日立製作所

【代理人】

 【識別番号】 100093492

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴木 市郎

 【電話番号】 03-3591-8550

【選任した代理人】

 【識別番号】 100078134

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 武 顕次郎

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 113584

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液晶表示装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 一面に共通電極を形成し、他面に位相板及び偏光板を配置した上側基板と、直交配置した複数の信号線及び複数の走査線、前記複数の信号線と複数の走査線の各交差領域に配置した能動素子、複数の凹凸を有し、前記各能動素子に接続された光拡散性反射電極をそれぞれ形成した下側基板と、前記上側基板と前記下側基板間に挟持した液晶層と、前記共通電極と前記複数の信号線と前記複数の走査線にそれぞれ接続された駆動部とを備え、前記液晶層がノーマリクローズ表示を行う反射型液晶表示装置であって、前記液晶層は、40度乃至65度の範囲内のツイスト角を有し、前記ツイスト角が40度のときに前記光拡散性反射電極の凹凸の高さと前記液晶層の複屈折の積が10nm乃至53nmの範囲内にあることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項 2】 前記液晶層は200nm乃至350nmの範囲内のリタデーションを有し、前記位相板は280nm乃至470nmの範囲内のリタデーションと30度乃至75度の範囲内の遅相軸方位角とを有し、前記偏光板は30度乃至90度の範囲内の吸収軸方位角を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 3】 前記位相板は0.0のNz係数を有していることを特徴とする請求項 2 に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 4】 前記液晶層は45度乃至50度の範囲内のツイスト角と380nm乃至450nmの範囲内のリタデーションとを有し、前記位相板は280nm乃至340nmの範囲内のリタデーションと5度乃至50度の範囲内の遅相軸方位角とを有し、前記偏光板は0度乃至10度の範囲内及び125度乃至180度の範囲内の吸収軸方位角を有していることを特徴とする請求項 1 に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項 5】 一面に共通電極を形成し、他面に位相板及び偏光板を配置した上側基板と、直交配置した複数の信号線及び複数の走査線、前記複数の信号線と複数の走査線の各交差領域に配置した能動素子、複数の凹凸を有し、前記各能

動素子に接続された光拡散性反射電極をそれぞれ形成した下側基板と、前記上側基板と前記下側基板間に挟持した液晶層と、前記共通電極と前記複数の信号線と前記複数の走査線にそれぞれ接続された駆動部とを備え、前記液晶層がノーマリクローズ表示を行う反射型液晶表示装置であって、前記液晶層は75度乃至120度の範囲内のツイスト角を有し、前記ツイスト角が75度のときに前記光拡散性反射電極の凹凸の高さと前記液晶層の複屈折の積が10nm乃至74nmの範囲内にあることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項6】 前記液晶層は200nm乃至310nmの範囲内のリタデーションを有し、前記位相板は320nm乃至460nmの範囲内のリタデーションと105度乃至145度の範囲内の遅相軸方位角とを有し、前記偏光板は25度乃至65度の範囲内の吸収軸方位角を有していることを特徴とする請求項5に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項7】 前記液晶層は75度乃至80度の範囲内のツイスト角と200nm乃至310nmの範囲内のリタデーションとを有し、前記位相板は320nm乃至460nmの範囲内のリタデーションと105度乃至145度の範囲内の遅相軸方位角とを有し、前記偏光板は25度乃至65度の範囲内の吸収軸方位角を有していることを特徴とする請求項5に記載の反射型液晶表示装置。

【請求項8】 一面に共通電極を形成し、他面に位相板及び偏光板を配置した上側基板と、直交配置した複数の信号線及び複数の走査線、前記複数の信号線と複数の走査線の各交差領域に配置した能動素子、複数の凹凸を有し、前記各能動素子に接続された光拡散性反射電極をそれぞれ形成した下側基板と、前記上側基板と前記下側基板間に挟持した液晶層と、前記共通電極と前記複数の信号線と前記複数の走査線にそれぞれ接続された駆動部とを備え、前記液晶層がノーマリクローズ表示を行う反射型液晶表示装置であって、前記液晶層は0度乃至30度の範囲内のツイスト角を有し、前記光拡散性反射電極の凹凸の高さと前記液晶層の複屈折の積が10nm乃至32nmの範囲内にあることを特徴とする反射型液晶表示装置。

【請求項9】 前記液晶層は200nm乃至370nmの範囲内のリタデーションを有し、前記位相板は10nm乃至240nmの範囲内のリタデーション

と 9 5 度乃至 1 7 5 度の範囲内の遅相軸方位角とを有し、前記偏光板は 0 度乃至 2 5 度及び 1 6 5 度乃至 1 8 0 度の範囲内の吸収軸方位角を有していることを特徴とする請求項 8 に記載の反射型液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、液晶表示装置に係り、特に、複数の微小な凹凸を有する光拡散性反射電極を用い、それらの凹凸の高さと液晶特性とを選択することにより高コントラスト比の表示を行う反射型液晶表示装置に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

一般に、反射型液晶表示装置は、液晶表示装置の内部に光反射電極を組み込み、周囲からの入射光をこの光反射電極で反射させて表示を行うもので、周囲の明るさに依存せずにコントラスト比が一定になるため、広範囲の光環境の基で良好な画像表示をすることができるものであって、適当な補助光源を併用すれば、暗室等の暗い光環境の基でも、使用することが可能である。

【0 0 0 3】

ところで、反射型液晶表示装置には、大部分のものに単偏光板型表示モードが採用されている。単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置は、液晶セルの内面に反射電極を内蔵させ、1 枚の偏光板と 1 枚もしくは 2 枚の位相板とを積層した構造になっている。この場合、単偏光板型表示モードは、液晶層の位相差の変化を利用した表示を行っているものであるため、コントラスト比が良好であり、かつ、駆動電圧が低くてもよいという特徴を有している。

【0 0 0 4】

また、単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置は、明るさを向上させ、かつ、鏡面反射をなくした高品位な表示画像を得るために、光散乱手段を用いている。この光散乱手段には、反射面に凹凸を有する光散乱反射電極を用いるもの、屈折率の異なる 2 種類以上の透明媒体からなる光散乱フィルムを用いるもの等がある。そして、光散乱手段は、斜め方向からの入射光を法線方向により多

く反射させる機能を有するものであって、例えば反射型液晶表示装置の表示面を法線方向から観察する場合であっても、斜め方向を含んだ広い立体角範囲からの入射光を観察することができるものである。とりわけ、光散乱手段の中で光散乱反射電極を用いるものは、コントラストや解像度を低下させずに光拡散が可能になるという特色を有しているが、液晶層の厚さに変動を与える。単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置としては、例えば特開平 6 - 7 5 2 3 8 号や特開平 1 0 - 1 5 4 8 1 7 号に開示のものが知られている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置は、そのコントラスト比が液晶層、位相板、偏光板の光学パラメータに依存する。液晶層の光学パラメータには、ツイスト角、チルト角、リタデーションがあり、位相板の光学パラメータには、遅相軸方位角、リタデーションがある。また、偏光板の光学パラメータには、吸収軸方位角がある。

【 0 0 0 6 】

単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置においては、光が偏光板に入射すると、その入射光が位相板や液晶層を透過して反射電極に達し、反射電極で反射された光が再び液晶層や位相板を透過して偏光板に達する。この光透過及び反射過程において、光に 2 分の 1 波長に相当する位相差が付与されれば、2 回目に偏光板に到達した段階で反射光は完全に吸収され、理想的な暗表示を実現することができる。すなわち、入射光が 1 回目に偏光板を透過する際に、直線偏光となった振動面が前記光透過及び反射過程において 9 0 度回転し、反射光が 2 回目に偏光板に到達した時点でその振動面（振動方向）が偏光板吸収軸に平行になるためである。片道の光路長に換算すれば、入射光に付与される位相差は 4 分の 1 波長であり、反射電極に到達した時点に入射光の偏光状態は円偏光になっている。

【 0 0 0 7 】

法線方向を通過する光に着目し、前記のような偏光変換が可視波長の全域において成り立つように、液晶層、位相板、偏光板の光学パラメータを設定する。

【0008】

反射型液晶表示装置においては、拡散型反射電極等の光拡散手段を用いることにより、周囲の光景の映り込みや鏡面反射を防ぎ、同時に、外来光を有効的に活用し、光反射率を増大させている。その結果、法線方向に出射する光の中に、斜め方向を含む広い視角範囲からの入射光が含まれるようになる。そのため、広い視角範囲に分布する光路において、入射光に付与される位相差を片道の光路長で4分の1波長にしなければならない。しかしながら、既知の単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置においては、位相差の視角依存性が十分に低減されていないため、斜め方向では透過光に付与される位相差が4分の1波長から大きくずれていた。

【0009】

また、反射型液晶表示装置に用いられる拡散型反射電極は、微小な凹凸を数多く有しており、しかも、液晶層に近接配置されるために、液晶層の厚さに影響を与える。そして、液晶層の厚さが変動すると、入射光に付与されている4分の1波長の位相差を持たせるという条件を満たさなくなり、その結果、数多くの凹凸の頂部や底部で反射する光を十分吸収することができなくなり、高いコントラスト比を得ることができなかった。

【0010】

本発明は、このような技術的背景に鑑みてなされたもので、その目的は、視角変動に伴う位相差変動と液晶層厚の変動に伴う位相差変動とを低減して高コントラスト比の表示を行う反射型液晶表示装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成するために、本発明による反射型液晶表示装置は、一面に共通電極を形成し、他面に位相板及び偏光板を配置した上側基板と、直交配置した複数の信号線及び複数の走査線、複数の信号線と複数の走査線の各交差領域に配置した能動素子、複数の凹凸を有し、各能動素子に接続された光拡散性反射電極をそれぞれ形成した下側基板と、上側基板と下側基板間に挟持した液晶層と、共通電極と複数の信号線と複数の走査線にそれぞれ接続された駆動部とを備え、液晶

層がノーマリクローズ表示を行うものであって、液晶層は、40度乃至65度の範囲内のツイスト角を有し、ツイスト角が40度のときに光拡散性反射電極の凹凸の高さと液晶層の複屈折の積が10nm乃至53nmの範囲内にある第1の手段を具備する。

【0012】

また、前記目的を達成するために、本発明による反射型液晶表示装置は、一面に共通電極を形成し、他面に位相板及び偏光板を配置した上側基板と、直交配置した複数の信号線及び複数の走査線、複数の信号線と複数の走査線の各交差領域に配置した能動素子、複数の凹凸を有し、各能動素子に接続された光拡散性反射電極をそれぞれ形成した下側基板と、上側基板と下側基板間に挟持した液晶層と、共通電極と複数の信号線と複数の走査線にそれぞれ接続された駆動部とを備え、液晶層がノーマリクローズ表示を行うものであって、液晶層は75度乃至120度の範囲内のツイスト角を有し、ツイスト角が75度のときに光拡散性反射電極の凹凸の高さと液晶層の複屈折の積が10nm乃至74nmの範囲内にある第2の手段を具備する。

【0013】

さらに、前記目的を達成するために、本発明による反射型液晶表示装置は、一面に共通電極を形成し、他面に位相板及び偏光板を配置した上側基板と、直交配置した複数の信号線及び複数の走査線、複数の信号線と複数の走査線の各交差領域に配置した能動素子、複数の凹凸を有し、各能動素子に接続された光拡散性反射電極をそれぞれ形成した下側基板と、上側基板と下側基板間に挟持した液晶層と、共通電極と複数の信号線と複数の走査線にそれぞれ接続された駆動部とを備え、液晶層がノーマリクローズ表示を行うものであって、液晶層は0度乃至30度の範囲内のツイスト角を有し、光拡散性反射電極の凹凸の高さと液晶層の複屈折の積が10nm乃至32nmの範囲内にある第3の手段を具備する。

【0014】

前記第1乃至第3の手段によれば、液晶層の特性と光拡散性反射電極の凹凸形状として、液晶層のツイスト角の範囲、及び、光拡散性反射電極の凹凸の高さと液晶層の複屈折の積をそれぞれ前述のような範囲に選択したことにより、高コン

トラスト比を有する良好な液晶表示を行うことができる液晶表示装置が得られ、この液晶表示装置を携帯型情報機器等に搭載すれば、携帯型情報機器等の使用範囲を周囲の明るさに殆ど依存しない範囲に拡大させることができる。

【 0 0 1 5 】

次に、本発明による液晶表示装置が前記第 1 乃至第 3 の手段に示すような範囲を選択するに至った技術的経緯について述べる。

【 0 0 1 6 】

一般に、選択反射型液晶表示装置は、コントラスト比が明表示時と暗表示時の反射率の比で表されるものであり、コントラスト比に影響を及ぼすのは主として暗表示時の反射率である。また、反射型液晶表示装置は、表示形式として、液晶層にしきい値電圧以上の電圧を印加したときに暗表示状態になるノーマリオープン表示形式と、液晶層にしきい値電圧以下の電圧を印加したときに暗表示状態となるノーマリクローズ表示形式がある。

【 0 0 1 7 】

液晶層は印加電圧により配向状態が変化するため、ノーマリオープン表示形式である場合とノーマリクローズ表示形式である場合では暗表示時における配向状態が異なる。そして、液晶層の配向状態が印加電圧により変化した場合は、視角変動に伴う位相差変動と液晶層厚変動に伴う位相差変動とが生じる。

【 0 0 1 8 】

後で詳述するように、液晶層厚変動に伴う位相差変動は、液晶層のチルト角が最小となる印加電圧ゼロ時において最大になり、印加電圧が順次増大してチルト角が増大するに従って減少する。一方、視角変動に伴う位相差変動は、印加電圧がゼロのときに最小になる。この場合、液晶層厚変動に伴う位相差変動と視角変動に伴う位相差変動とは、その大きさを比べると、視角変動に伴う位相差変動の方が変動幅がかなり大きく、視角変動に伴う位相差変動が変動の主要因となる。このため、本発明は、印加電圧がゼロのときに暗表示状態になるノーマリクローズ表示形式を採用している。

【 0 0 1 9 】

ところで、単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置は、表示面側か

ら順に偏光板、位相板、液晶層、光拡散性反射電極を積層配置した構成を備えている。そして、電圧無印加時における液晶層の法線方向の光学特性は、S. Chandrasekar, G. S. Ranganath, U. D. Kini, K. A. Suresh等による文献、Mol. Cryst. Liq. Cryst 第24巻(1973年)、第201乃至211頁に記載の内容に基いて得ることができる。すなわち、反射型液晶表示装置において、光拡散性反射電極で反射された反射光が液晶層に入射する時点に、その光の偏光状態が理想的な円偏光になっているものと仮定し、液晶層を透過した透過光の偏光状態を計算した。さらに、この計算結果から液晶層への電圧無印加時における液晶層厚変動に伴う位相差変動を求めた。

【0020】

ここで、図2は、液晶層のツイスト角と液晶層厚変動に伴う位相差変動との関係を示す特性図である。

【0021】

図2において、横軸は度で表した液晶層のツイスト角であり、縦軸はnmで表した液晶層厚変動に伴う位相差変動であり、液晶層の複屈折が0.073の場合に、液晶層厚が $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 変動したときの位相差変動を表したものである。

【0022】

図2に示されるように、液晶層厚変動に伴う位相差変動は、ツイスト角が0度のときに最大の37nmになり、ツイスト角が増大するに従って順次減少する特性を示すが、これはツイスト角が増大するに従って液晶層に旋光性が生じ、液晶層厚変動に伴う位相差変動量がリタレーションの変動量よりも小さくなることに基づくことによる。

【0023】

次に、反射型液晶表示装置において、液晶層への印加電圧を変化させたときの視角変動に伴う位相差変動及び光拡散性反射電極の凹凸の変化、すなわち液晶層厚変動に伴う位相差変動を求めた。

【0024】

図3は、液晶層への印加電圧と、視角変動に伴う位相差変動及び液晶層厚変動

に伴う位相差変動との関係を示す特性図である。

【 0 0 2 5 】

図 3 において、横軸はボルト (V) で表した液晶層への印加電圧、縦軸は nm で表した視角変動及び液晶層厚変動に伴う位相差変動であり、極角が 40 度であるときの特性である。そして、図 3 において、視角変動に伴う位相差変動として表している 4 本の特性曲線は、方位角が 0 度、90 度、180 度、270 度のときのものであり、液晶層厚変動に伴う位相差変動は、液晶層厚が $\pm 0.5 \mu\text{m}$ 変動したときの位相差変動を表したものである。

【 0 0 2 6 】

図 3 に示されるように、視角変動に伴う位相差変動は、方位角に係わりなく、印加電圧が 0 V のときに最小になり、一方、液晶層厚変動に伴う位相差変動は、印加電圧が 0 V のときに最大になる。この場合、視角変動に伴う位相差変動と液晶層厚変動に伴う位相差変動との大きさを比べると、液晶層厚変動に伴う位相差変動が最も大きくなる印加電圧 0 V のときでも、視角変動に伴う位相差変動の方が倍またはそれ以上大きいので、本発明においては、電圧無印加時に暗表示状態になるノーマリクローズ表示形式を採用した。

【 0 0 2 7 】

次いで、単偏光板型表示モードを用いた反射型液晶表示装置において、液晶層を透過する各透過光が可視波長の広い範囲にわたって直線偏光に変換されるように、液晶層のツイスト角とリタデーションとの関係、及び、液晶層のツイスト角と位相板のリタデーションとの関係を求めた。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、液晶層のリタデーションとツイスト角との関係を示す特性図であり、図 5 は、位相板のリタデーションと液晶層のツイスト角との関係を示す特性図である。

【 0 0 2 9 】

図 4 において、横軸は度で表した液晶層のツイスト角であり、縦軸は nm で表した液晶層のリタデーションである。また、図 5 において、横軸は度で表した液晶層のツイスト角であり、縦軸は nm で表した位相板のリタデーションである。

【0030】

図4及び図5に示されるように、高コントラストを与える解の分布領域（斜線領域）は、それぞれ複数の群を構成しており、ここではこれらの複数の群をA群、B群、C群、D群、E群と表すことにする。

【0031】

さらに、位相板を透過した透過光の偏光（この場合、直線偏光または直線偏光に近い楕円偏光）の振動方向を求め、この振動方向に平行となるように偏光板の吸収軸を設定した。このような設定を行った場合、法線方向から偏光板に入射し、位相板及び液晶層を通った後で光拡散性反射電極で反射され、再び、法線方向から液晶層に入射し、位相板を透過した光は偏光板において十分に吸収されることになる。これとともに、視角変動に伴う位相差変動を低減させれば、光拡散性反射電極に広い視角範囲から光が入射した場合であっても、高コントラストを得ることができる。また、液晶層厚変動に伴う位相差変動を合わせて低減させれば、光拡散性反射電極の凹凸によって液晶層厚が変動し、それにより位相差変動を生じた場合であっても、高コントラストを得ることができる。

【0032】

前述のように、本発明においては、視角変動に伴う位相差変動が最小になるように、液晶層への電圧無印加時に暗表示状態になるノーマリクローズ表示形式を採用しているが、これに加え、液晶層の特性と位相板の特性との最適な組み合わせを用いることにより、視角変動に伴う位相差変動をさらに低減させるようにしている。このとき、電圧無印加時における液晶層は、1軸性（ツイスト角が0度するとき）であり、屈折率の3次元分布を表すNz係数は1.0になる。なお、このNz係数は、Yasuo Fujimura, Tatsuki Nagatsuka, Hiroyuki Yoshimi, Takefumi Simomura等が発表したSID'91 DIGEST (1991) 第739乃至742頁に示されるように、次式により定義されるものである。

【0033】

$$Nz = (nx - nz) / (nx - ny)$$

ここで、nxとnyは平面内の屈折率で、nxは遅相軸方向の屈折率、nyは

進相軸方向の屈折率である。また、 n_z は厚さ方向の屈折率である。

【0034】

単偏光板型表示モードの液晶層は、図11(a)に示すように、多くの場合、ねじれ配向のものであるが、ツイスト角が90度以下で小さいため、図11(b)に示すように、その光学特性は N_z 係数が1.0の1軸性媒体に近くなる。このため、 N_z 係数が1.0の液晶層と N_z 係数が0.0の位相板とを組み合わせることにより、視角変動に伴う位相差変動を低減することができる。

【0035】

図11(a)、(b)は、 N_z 係数が1.0の液晶層と N_z 係数が0.0の位相板とを組み合わせたときの図である。

【0036】

図11(a)、(b)に示されるように、 N_z 係数が0.0の位相板は屈折率形状が円盤状楕円形状を呈し、 N_z 係数が1.0の液晶層は屈折率形状がラグビーボール状楕円形状を呈するもので、これらの屈折率形状が異なっているため、厚さ方向の屈折率が寄与する視角方向においても位相差が補償される。

【0037】

さらに、法線方向から見た液晶層の配向方向と位相板の遅相軸とを直交状態に配置すれば、位相板の遅相軸と液晶層の遅相軸は全ての視角方向において直交し、位相差がより良好な状態で補償される。

【0038】

前述のように、液晶層への電圧無印加時に暗表示状態になるノーマリクローズ表示形式においては、暗表示状態のときに液晶層厚変動に伴う位相差変動が最小になる。これは、電圧無印加時に液晶層の見掛け上の複屈折が液晶材料の複屈折ほぼ同じになるからである。この場合、液晶層の見掛け上の複屈折がほぼ0になる電圧印加時に暗表示状態になるノーマリオープン表示形式は、光拡散性反射電極の凹凸の高さに制限がないのに対して、本発明で用いているノーマリクローズ表示形式は、光拡散性反射電極の凹凸の高さに許容値が存在する。

【0039】

ところで、既知の反射型液晶表示装置である特開平6-75238号や特開平

10-154817号に開示のものは、光拡散性反射電極における光散乱特性、凹凸の高さ、凹凸の高さと底辺との比率に着目しているが、光拡散性反射電極を単偏光板型表示モードと組み合わせている反射型液晶表示装置の場合は、コントラスト比にも着目する必要がある。特に、ノーマリクローズ表示形式の反射型液晶表示装置である場合には、光拡散性反射電極の凹凸の高さを許容値以下にすれば、視角変動に伴う位相差変動が良好な状態になるのに相俟って、より高いコントラスト比を得ることができる。

【0040】

通常、陰極線管や透過型液晶表示装置等の内部発光型表示装置は、暗室で用いたときに100:1を超えるコントラスト比が得られものの、照明光や太陽光の照射を受ける環境下では表示面で光反射が生じる。この場合、表示面に反射防止膜を設ければ、光反射量は低減するものの、それでも約1.0%の光反射が生じるもので、明るい室内や曇天時の屋外の環境光強度が約1000cd/m²であるので、このときに10cd/m²の反射光が生じることになる。このため、表示部の輝度を200cd/m²としても、反射光の影響によりコントラスト比は約20:1に低減する。すなわち、暗室内のように特別な使用条件を付加しない場合、透過型液晶表示装置であっても、コントラスト比の上限は20:1程度である。このため、本発明は、コントラスト比の目標を20:1に設定している。

【0041】

再び、図4の特性図において、高コントラストを与える解の分布領域を示すA群乃至E群は、その群に含まれる最小のツイスト角に着目して光拡散性反射電極の凹凸の高さの許容量を求めれば、その群全体が許容量を満たすことになる。この場合、A群、B群、C群、D群、E群は、最小のツイスト角がそれぞれ0度、40度、40度、75度、75度である。

【0042】

ここで、図6は、光拡散性反射電極の凹凸の高さと液晶材料の複屈折の積と、コントラスト比との関係を示す特性図である。

【0043】

図6において、横軸はnmで表した凹凸の高さと液晶材料の複屈折(Δn)の

積であり、縦軸はコントラスト比であって、3本の特性曲線は液晶層の最小のツイスト角がそれぞれ0度、40度、75度のときのものである。

【0044】

図6に示されるように、コントラスト比は凹凸の高さと液晶材料の複屈折の積が増大するに従って直線的に減少するが、その直線的な減少比率は最小のツイスト角が増大するに従って小さくなっており、これは、最小のツイスト角が増大する程、許容される光拡散性反射電極の凹凸の高さが大きくなることを意味する。図6においては、本発明が目標としているコントラスト比20:1を点線で表しており、最小のツイスト角が0度、40度、75度の場合、凹凸の高さと液晶材料の複屈折の積がそれぞれ32nm以下、53nm以下、74nm以下の範囲において20:1のコントラスト比が得られる。これにより、A群、B群、C群、D群、E群においては、凹凸の高さと液晶材料の複屈折の積をそれぞれ32nm以下、53nm以下、53nm以下、74nm以下、74nm以下にすれば、20:1のコントラスト比が得られる。例えば、液晶材料の複屈折が0.073である場合、A群、B群、C群、D群、E群に許容される凹凸の高さは、それぞれ0.44 μ m以下、0.73 μ m以下、0.73 μ m以下、1.0 μ m以下、1.0 μ m以下になる。

【0045】

このような凹凸の高さを有する光拡散性反射電極を製造する場合、実際に凹凸の加工精度に限界があることから、凹凸の高さに下限がある。通常、光拡散性反射電極の凹凸は有機膜をエッチングすることにより形成されるが、有機膜のエッチング精度が約3 μ mであり、良好な光散乱特性を付与する凹凸の高さと底辺との比が1:13乃至1:18の範囲内であるから、光拡散性反射電極の凹凸の高さの下限は約0.17 μ m程度である。現在のところ、液晶材料の複屈折の下限が0.06であるので、凹凸の高さと液晶材料の複屈折の積の下限は0.01 μ mである。

【0046】

なお、位相板や液晶材料の複屈折の値は光波長に依存して変動する。通常の、測定には光波長が633nmのヘリウムネオンレーザーが用いられることが多い

ので、これらの値は波長が633nmの光を用いたときの値で定義している。同様に、複屈折と厚さの積によって表されるリタレーションについても、波長が633nmの光を用いたときの値で定義している。

【0047】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面を用いて説明する。

【0048】

図1は、本発明による液晶表示装置の実施の形態に係わるもので、液晶表示装置の構成を示す断面図である。

【0049】

図1において、1は上側基板、2は下側基板、3は液晶層、4は位相板、5は偏光板、6はカラーフィルタ、7はブラックマトリクス、8は平坦化層、9は共通電極、10は第1配向膜、11は第1絶縁膜、12は第2絶縁膜、13は光拡散性反射電極、14は凹凸形成層、15は第2配向膜、16は薄膜トランジスタ、17はスルーホールである。

【0050】

そして、上側基板1は、一面（上面）に位相板4と偏光板5とがこの順に積層配置され、他面（下面）にカラーフィルタ6とブラックマトリクス7との組み合わせ部と平坦化層8と共通電極9と第1配向膜10とがこの順に積層配置されている。下側基板2は、一面（上面）に第1絶縁膜11と第2絶縁膜12と凹凸形成層14と光拡散性反射電極13と第2配向膜15がこの順番に積層配置されている。液晶層3は、上側基板1の他面（下面）と下側基板2の一面（上面）との間に挟持されている。薄膜トランジスタ16は、逆スタガ型のもので、下側基板2一面（上面）に形成配置され、薄膜トランジスタ16の各電極が図示されていない1本の走査線と1本の信号線及び光拡散性反射電極13にそれぞれ導電接続されている。この場合、走査線と信号線はそれぞれ平行配置された複数本の走査線群及び信号線群からなっており、走査線群と信号線群は第1絶縁膜11で絶縁された状態で互いに直交配置されている。また、各信号線と光拡散性反射電極13は第2絶縁膜12によって絶縁され、対応する光拡散性反射電極13と薄膜ト

ランジスタ 1 6 の電極はスルーホール 1 7 を通して導電接続されている。凹凸形成層 1 4 は第 2 絶縁膜 1 2 上に配置され、凹凸形成層 1 4 上に配置した光拡散性反射電極 1 3 に凹凸模様を形成している。光拡散性反射電極 1 3 上に配置した第 2 配向膜 1 5 は液晶層 3 の液晶配向方向を規定している。

【 0 0 5 1 】

上側基板 1 は、例えばホウケイサンガラス製で、0.7 mm の厚さのものである。カラーフィルタ 6 は、赤色、緑色、青色の各透過部分がストライプ状に繰り返し配列されたもので、画素間隙相当部分に樹脂性のブラックマトリクス 7 を有している。カラーフィルタ 6 とブラックマトリクス 7 との組み合わせ部分に形成される凹凸は樹脂性の平坦化層 8 により平坦化される。共通電極 9 は、例えば透明な ITO (Indium Tin Oxide) 製で、0.2 μ m の厚さのものである。第 1 配向膜 1 0 は、例えば 0.2 μ m の厚さのものである。

【 0 0 5 2 】

下側基板 2 は、例えば上側基板 1 と同じホウケイサンガラス製で、0.7 mm の厚さのものである。第 2 配向膜 1 5 は、例えば 0.2 μ m の厚さのものである。信号線と走査線は、例えばクロム (Cr) 製で、第 1 絶縁膜 1 1 は、例えば窒化シリコン (SiN) 膜である。第 2 絶縁膜 1 2 と凹凸形成層 1 4 は、有機材料からなる膜である。凹凸形成層 1 4 は、フォトリソグラフによって円柱形に形成したものを、加熱軟化することにより凸部状に形成している。凹凸形成層 1 4 は、光の干渉効果による着色を除去するためにランダムな配置になっている。凹凸形成層 1 4 は、凸状部の高さが後述する理由から 0.5 μ m に選ばれており、底部の形状が円形で、その直径が 8 μ m に選ばれている。

【 0 0 5 3 】

ところで、本発明の第 1 の実施の形態においては、図 4 及び図 5 に示されている高コントラストを与える解の分布領域を示す A 群乃至 E 群の中の C 群の解を選択している。

【 0 0 5 4 】

ここで、図 7 は、C 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図であり、図 8 は、同じく C 群の解における偏光板吸収

軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【 0 0 5 5 】

図 7 において、横軸は nm で表した液晶層リタデーションであり、縦軸は nm で表した位相板リタデーションである。また、図 8 において、横軸は度で表した位相板遅相軸方位角であり、縦軸は度で表した偏光板吸収軸方位角である。

【 0 0 5 6 】

第 1 の実施の形態においては、図 7 に示されるように、液晶層 3 のリタデーションを 200 nm 乃至 350 nm の範囲内とし、位相板 4 のリタデーションを 280 nm 乃至 470 nm の範囲内とし、これと同時に、図 8 に示されるように、位相板 4 の遅相軸方位角を 30 度乃至 75 度の範囲内とし、偏光板 5 の吸収軸方位角を 30 度乃至 90 度の範囲内として、解を満たす組み合わせの選択設定を行っている。この場合、方位角は、液晶表示装置を上側基板 1 の法線方向から観察し、下側基板 2 の配向処理方向を 0 度として反時計回りに定義している。

【 0 0 5 7 】

また、第 1 の実施の形態においては、C 群の解を選択したので、液晶層 3、位相板 4、偏光板 5 の各光学パラメータは、次のように選定した。図 4 に示す特性図から、液晶層厚と液晶材料の複屈折との積を 280 nm にし、液晶層 3 のツイスト角を 50 度に選定した。また、図 5 に示す特性図から、位相板 4 のリタデーションを 400 nm にし、図 8 に示す特性図から、位相板 4 の遅相軸方位角を 50 度にし、偏光板 5 の吸収軸方位角を 70 度に選定した。

【 0 0 5 8 】

さらに、第 1 の実施の形態においては、液晶層 3 のツイスト角を 50 度に選定しているものであるが、図 6 に示される特性図においては、ツイスト角が 40 度である直線に着目した。この直線において、 $20:1$ のコントラスト比が得られる凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を求めると、凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積は 53 nm 以下になるので、ここでは凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を 53 nm 以下にしている。この場合、液晶材料として複屈折が 0.073 のものを用いたとすれば、許容される凹凸の高さは $0.73\text{ }\mu\text{m}$ になるので、それより若干低い $0.5\text{ }\mu\text{m}$ にしている。

【 0 0 5 9 】

第 1 の実施の形態においては、液晶層 3 として、複屈折が 0. 0 7 3 である高抵抗のフッ素系液晶材料を用い、直径が 4. 0 μm の真球状のポリマービーズを 1 mm^2 当たり約 1 0 0 個の割合で分散させたものを用いている。これにより、表示部全体にわたって液晶層厚を凹凸の中腹において 3. 9 μm にしている。

【 0 0 6 0 】

液晶層 3 との界面に使用される第 1 配向膜 1 0 と第 2 配向膜 1 5 には、ラビング法によって配向処理を施している。この配向処理時に、ラビングロールの回転数を 3 0 0 0 回転／分に、ラビングロールの基板との接触部の幅を 1 1 mm として、液晶層 3 のプレチルト角を約 5 度になっている。また、配向処理の方位を適宜設定し、上側基板 1 と下側基板 2 との間隙部に液晶材料を注入したとき、液晶層 3 のツイスト角が 5 0 度になるようにしている。また、位相板 4 には、N z 係数が 0. 0 の NRZ フィルムを用いた。

【 0 0 6 1 】

このようにして得られた第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置について、法線方向に対して 4 5 度の立体角範囲内から均一な入射光があった場合、入射光の反射率を測定して表示特性の評価を行った。

【 0 0 6 2 】

図 9 は、第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置の評価を示すもので、液晶層 3 への印加電圧と反射率との関係を示す特性図である。

【 0 0 6 3 】

図 9 において、横軸はボルト (V) で表した印加電圧であり、縦軸は % で表した反射率である。

【 0 0 6 4 】

図 9 に示されるように、第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置は、電圧無印加時に反射率が最小となり、印加電圧が 1 V を超えて増大すると、反射率が急激に増大する典型的なノーマリクローズ表示特性を得ることができた。この場合、反射率の最大値は、印加電圧が 2. 7 V のときに得られ、そのときの反射率は 2 5. 6 % であり、コントラスト比は 3 1 : 1 になっている。

【 0 0 6 5 】

このように第 1 の実施の形態によれば、光拡散性反射電極 1 3 の凹凸の高さを許容値以下に選択することにより、視角特性が優れ、高いコントラスト比を有するノーマリクローズ表示形式の反射型液晶表示装置を得ることができる。

【 0 0 6 6 】

ちなみに、第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、光拡散性反射電極 1 3 の凹凸の高さの許容値が $0.73 \mu\text{m}$ 以下であるが、凹凸の高さをその許容値以外の値、例えば凹凸の高さを $1.0 \mu\text{m}$ に設定したものについて表示特性の評価を行ったところ、コントラスト比が $14:1$ に低下していた。このように、光拡散性反射電極 1 3 の凹凸の高さを許容値内に収めなければ、高いコントラスト比が得られないことが判る。

【 0 0 6 7 】

なお、第 1 の実施の形態においては、ツイスト角が 50 度の解を、凹凸の高さの許容範囲を C 群に含まれる解の最小ツイスト角である 40 度において求めたものであるが、ツイスト角を 50 度にして凹凸の高さの許容範囲を求めるようにすれば、ツイスト角を 40 度にして求めたものよりもより正確に広い許容範囲を求めることができる。

【 0 0 6 8 】

第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、N z 係数が 0.0 の位相板 4 を用いているものであるが、この位相板 4 の N z 係数を変化させれば、その変化に応じてコントラスト比も変動する。

【 0 0 6 9 】

図 1 0 は、第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置における位相板 4 の N z 係数とコントラスト比との関係を示す特性図である。

【 0 0 7 0 】

図 1 0 において、横軸は N z 係数であり、縦軸はコントラスト比である。

【 0 0 7 1 】

図 1 0 に示されるように、コントラスト比は N z 係数が 0.0 のときに最大で、N z 係数が増大するに従ってコントラスト比が順次低減する。そして、本発明

の目標値である 20 : 1 のコントラスト比の範囲は、N z 係数が 0.5 以下であれば達成することが可能である。

【 0 0 7 2 】

図 1 1 (b) に示されるように、N z 係数が 0.0 の位相板 4 と、N z 係数が 1.0 の 1 軸性媒体となる液晶層 3 とを組み合わせ、かつ、法線方向から見て位相板 4 の遅相軸と液晶層 3 の配向方向とが直交するように配置すれば、位相板 4 と液晶層 3 の遅相軸は全ての視角方向において直交し、位相板 4 と液晶層 3 の位相差が良好に補償される。実際に、単偏光型表示モードの液晶層 3 は、図 1 1 (a) に示されるように、多くの場合捻れ配向であるが、ツイスト角が 90 度以下、特に、第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置は、ツイスト角が 50 度と小さいため、その光学特性は N z 係数が 1.0 の 1 軸性媒体に近いものになる。

【 0 0 7 3 】

第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、位相板 4 の遅相軸が下側基板 2 の配向方向に対して 55 度に設定されている。この設定条件は、上側基板 1 の配向方向に対して 105 度に、液晶層 3 の平均配向方向（液晶層 3 の中央における配向方向）に対して 80 度に設定されたこと相当し、図 1 1 (b) に図示の条件に近くなっている。このような位相板配置において、N z 係数の理想値である 0.0 に近づければ、視角特性が良好に補償され、より高いコントラスト比が得られる。

【 0 0 7 4 】

次いで、図 1 2 は、視角（極角）の変化と位相差変化量との関係を示す特性図である。

【 0 0 7 5 】

図 1 2 において、横軸は度で表した視角（極角）であり、縦軸は nm で表した位相差変化量であり、位相板 4 の N z 係数が 0.0 の場合、N z 係数が 1.0 の場合及び位相板 4 がいない場合を示すものである。

【 0 0 7 6 】

図 1 2 に示されるように、位相差変化量は視角（極角）が最小のときに最小であり、視角（極角）が増大するに従って順次増大する。この場合、位相差変化量

は、位相板 4 を用いた場合の方が位相板 4 を用いない場合よりも少なく、位相板 4 を用いた場合でも、N z 係数が 0. 0 の位相板 4 を用いた場合の方が N z 係数が 1. 0 の位相板 4 を用いた場合よりも少なくなっており、N z 係数が 0. 0 の位相板 4 を用いた場合に高いコントラスト比が得られることを裏付けている。

【 0 0 7 7 】

次に、本発明の第 2 の実施の形態においては、図 4 及び図 5 に示されている高コントラストを与える解の分布領域を示す A 群乃至 E 群の中の A 群の解を選択している。

【 0 0 7 8 】

ここで、図 1 4 は、A 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図であり、図 1 5 は、同じく A 群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【 0 0 7 9 】

図 1 4 において、横軸は n m で表した液晶層リタデーションであり、縦軸は n m で表した位相板リタデーションである。また、図 1 5 において、横軸は度で表した位相板遅相軸方位角であり、縦軸は度で表した偏光板吸収軸方位角である。

【 0 0 8 0 】

この第 2 の実施の形態においては、図 1 4 に示されるように、液晶層 3 のリタデーションを 3 6 0 n m 乃至 3 5 0 n m の範囲内とし、位相板 4 のリタデーションを 2 0 0 n m 乃至 3 4 0 n m の範囲内とし、同時に、図 1 5 に示されるように、位相板 4 の遅相軸方位角を 8 0 度乃至 1 3 5 度の範囲内とし、偏光板 5 の吸収軸方位角を 0 度乃至 1 5 度、及び、8 0 度乃至 1 8 0 度の範囲内として、解を満たす組み合わせの選択設定を行っている。

【 0 0 8 1 】

また、第 2 の実施の形態においては、A 群の解を選択したので、液晶層 3、位相板 4、偏光板 5 の各光学パラメータは、次のように選定した。図 4 に示す特性図から、液晶層厚と液晶材料の複屈折との積を 4 1 0 n m にし、液晶層 3 のツイスト角を 2 0 度に選定した。また、図 5 に示す特性図から、位相板 4 のリタデーションを 2 6 0 n m にし、図 1 5 に示す特性図から、位相板 4 の遅相軸方位角を

120度にし、偏光板5の吸収軸方位角を170度に選定した。

【0082】

さらに、第2の実施の形態においては、液晶層3のツイスト角を20度を選定しているものであるが、図6に示される特性図においては、ツイスト角が0度である直線に着目した。この直線において、20:1のコントラスト比が得られる凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を求めると、凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積は27nm以下になるので、ここでは凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を27nm以下にしている。この場合、液晶材料として複屈折が0.065のものをを用いたとすれば、許容される凹凸の高さは0.49 μ mになるので、それより若干低い0.4 μ mにしている。

【0083】

このようにして得られた第2の実施の形態の反射型液晶表示装置について評価を行ったところ、ノーマリクローズ型の表示特性が得られ、反射率の最大値は25.6%であり、コントラスト比は32:1になっている。

【0084】

ちなみに、第2の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、光拡散性反射電極13の凹凸の高さの許容値が0.49 μ m以下であるが、凹凸の高さをその許容値以外の値、例えば凹凸の高さを1.0 μ mに設定したものについて表示特性の評価を行ったところ、コントラスト比が8:1に大幅に低下していた。このように、光拡散性反射電極13の凹凸の高さを許容値内に収めなければ、高いコントラスト比が得られないことが判る。

【0085】

次いで、本発明の第3の実施の形態においては、図4及び図5に示されている高コントラストを与える解の分布領域を示すA群乃至E群の中のB群の解を選択している。

【0086】

ここで、図16は、B群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図であり、図17は、同じくB群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【0087】

図16において、横軸はnmで表した液晶層リタレーションであり、縦軸はnmで表した位相板リタレーションである。また、図17において、横軸は度で表した位相板遅相軸方位角であり、縦軸は度で表した偏光板吸収軸方位角である。

【0088】

この第3の実施の形態においては、図16に示されるように、液晶層3のリタレーションを370nm乃至450nmの範囲内とし、位相板4のリタレーションを280nm乃至340nmの範囲内とし、同時に、図17に示されるように、位相板4の遅相軸方位角を5度乃至50度の範囲内とし、偏光板5の吸収軸方位角を0度乃至10度、及び、125度乃至180度の範囲内として、解を満たす組み合わせの選択設定を行っている。

【0089】

また、第3の実施の形態においては、B群の解を選択したので、液晶層3、位相板4、偏光板5の各光学パラメータは、次のように選定した。図4に示す特性図から、液晶層厚と液晶材料の複屈折との積を395nmにし、液晶層3のツイスト角を50度に選定した。また、図5に示す特性図から、位相板4のリタレーションを300nmにし、図17に示す特性図から、位相板4の遅相軸方位角を15度にし、偏光板5の吸収軸方位角を135度に選定した。

【0090】

さらに、第3の実施の形態においては、液晶層3のツイスト角を50度に選定しているものであるが、図6に示される特性図においては、ツイスト角が40度である直線に着目した。この直線において、20:1のコントラスト比が得られる凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を求めると、凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積は53nm以下になるので、ここでは凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を53nm以下にしている。この場合、液晶材料として複屈折が0.073のものをを用いたとすれば、許容される凹凸の高さは0.73 μ mになるので、それより低い0.5 μ mにしている。

【0091】

このようにして得られた第3の実施の形態の反射型液晶表示装置について評価

を行ったところ、ノーマリクローズ型の表示特性が得られ、反射率の最大値は 25.5% であり、コントラスト比は 32 : 1 になっている。

【 0 0 9 2 】

ちなみに、第 3 の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、光拡散性反射電極 13 の凹凸の高さの許容値が $0.73 \mu\text{m}$ 以下であるが、凹凸の高さをその許容値以外の値、例えば凹凸の高さを $1.0 \mu\text{m}$ に設定したものについて表示特性の評価を行ったところ、コントラスト比が 15 : 1 に低下していた。このように、光拡散性反射電極 13 の凹凸の高さを許容値内に収めなければ、高いコントラスト比が得られないことが判る。

【 0 0 9 3 】

前述の第 1 乃至第 3 の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、視角変動に伴う位相差変動が最小となる液晶層 3 への電圧無印加時を暗表示状態に選択したノーマリクローズ型表示形式にしたことにより、視角変動に伴う位相差変動を低減させ、高コントラスト比を達成するようにしたものであるが、第 4 の実施の形態の反射型液晶表示装置は、それらの手段に加え、位相板 4 を第 1 位相板と第 2 位相板の積層構造にしたことにより、さらなる高コントラスト比になるようにしたものである。

【 0 0 9 4 】

第 4 の実施の形態の反射型液晶表示装置は、積層した第 1 位相板の N_z 係数を 0.0 に、第 2 位相板の N_z 係数を 1.0 にし、第 1 位相板と第 2 位相板の遅相軸が互いに直交するように配置している。すなわち、第 3 の実施の形態の反射型液晶表示装置と同様に、第 1 位相板の遅相軸方位角は 15 度にし、第 2 位相板の遅相軸方位角はこれに直交する 105 度に行っている。

【 0 0 9 5 】

いま、第 1 位相板のリタデーションを $\Delta n d_{p1}$ に、第 2 位相板のリタデーションを $\Delta n d_{p2}$ とし、1 枚の位相板に求められるリタデーションを $\Delta n d_S$ とすると、 $\Delta n d_{p1}$ 、 $\Delta n d_{p2}$ 、 $\Delta n d_S$ の間に次式が成り立つようにする。

【 0 0 9 6 】

$$\Delta n d_{p1} - \Delta n d_{p2} = \Delta n d_S$$

この式の左辺は第 1 位相板と第 2 位相板のリタデーションの合成値であり、これを 1 枚の位相板に求められるリタデーションに等しくなるように設定する。

【0097】

図 2 2 は、このときの第 1 位相板と第 2 位相板及び液晶層 3 における屈折率楕円体の配置状態を示す説明図である。

【0098】

図 2 2 に示されるように、第 2 位相板の遅相軸は液晶の配向方向にほぼ平行であり、かつ、その N_z 係数は液晶層 3 と同じ 1.0 であるので、液晶層 3 のリタデーションが $\Delta n d_{p2}$ だけ増大したことに等しくなる。また、このとき、第 1 位相板のリタデーションは、1 枚の位相板を用いたときと比べて $\Delta n d_{p2}$ だけ増大している。第 2 位相板のリタデーション $\Delta n d_{p2}$ は、第 1 位相板のリタデーションの増加分 $\Delta n d_{p2}$ によって相殺されるので、法線方向から観察したときのリタデーションは、第 3 の実施の形態の反射型液晶表示装置と同じになる。このため、第 4 の実施の形態の反射型液晶表示装置は、法線方向における位相差の補償が第 3 の実施の形態の反射型液晶表示装置と同じように行われ、広い視角範囲にわたって位相差を実質的に 4 分の 1 波長に近い値にすることができる。

【0099】

図 1 3 は、第 4 の実施の形態の反射型液晶表示装置における視角（極角）の変化と位相差変化量との関係を示す特性図である。

【0100】

図 1 3 において、横軸は度で表した視角（極角）であり、縦軸は $n m$ で表した位相差変化量であり、 N_z 係数が 0.0 の第 1 位相板及び N_z 係数が 1.0 の第 2 位相板を用いた場合、 N_z 係数が 0.0 の位相板 4 を用いた場合、 N_z 係数が 1.0 の位相板 4 を用いた場合及び位相板 4 を用いない場合を示すものである。

【0101】

図 1 3 に示されるように、位相差変化量は、第 1 位相板及び第 2 位相板を用いた場合が最も少なく、 N_z 係数が 0.0 の位相板 4 を用いた場合がそれに続いて少なく、 N_z 係数が 1.0 の位相板 4 を用いた場合が 3 番目に少なく、位相板 4 を用いない場合が最も多くなっており、これらの結果から、第 1 位相板及び第 2

位相板を用いた場合に最も高いコントラスト比が得られる。

【0102】

第4の実施の形態の液晶表示装置においては、第1位相板のリタデーションを430nmにし、第2位相板のリタデーションを130nmにしている。この場合、第1位相板のリタデーションと第2位相板のリタデーションとの差は300nmであり、第3の実施の形態の液晶表示装置と同じになっている。そして、第4の実施の形態の液晶表示装置においては、コントラスト比を測定したところ、36:1が得られた。

【0103】

このように、第4の実施の形態の液晶表示装置は、位相板4を第1位相板と第2位相板の積層体によって構成し、それらのリタデーションを最適化して、視角変動に伴う位相差変動をより低減したことにより、36:1という高いコントラスト比を得ることができたものである。

【0104】

続いて、本発明の第5の実施の形態においては、図4及び図5に示されている高コントラストを与える解の分布領域を示すA群乃至E群の中のD群の解を選択している。

【0105】

ここで、図18は、D群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図であり、図19は、同じくD群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【0106】

図18において、横軸はnmで表した液晶層リタデーションであり、縦軸はnmで表した位相板リタデーションである。また、図19において、横軸は度で表した位相板遅相軸方位角であり、縦軸は度で表した偏光板吸収軸方位角である。

【0107】

この第5の実施の形態においては、図18に示されるように、液晶層3のリタデーションを200nm乃至310nmの範囲内とし、位相板4のリタデーションを320nm乃至460nmの範囲内とし、同時に、図19に示されるように

、位相板4の遅相軸方位角を105度乃至145度の範囲内とし、偏光板5の吸収軸方位角を25度乃至65度の範囲内として、解を満たす組み合わせの選択設定を行っている。

【0108】

また、第5の実施の形態においては、D群の解を選択したので、液晶層3、位相板4、偏光板5の各光学パラメータは、次のように選定した。図4に示す特性図から、液晶層厚と液晶材料の複屈折との積を255nmにし、液晶層3のツイスト角を75度に選定した。また、図5に示す特性図から、位相板4のリタレーションを360nmにし、図19に示す特性図から、位相板4の遅相軸方位角を125度にし、偏光板5の吸収軸方位角を41度に選定した。

【0109】

さらに、第5の実施の形態においては、液晶層3のツイスト角を75度に選定しているものであるので、図6に示される特性図においては、ツイスト角が75度である直線に着目した。この直線において、20:1のコントラスト比が得られる凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を求めると、凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積は74nm以下になるので、ここでは凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を74nm以下にしている。この場合、液晶材料として複屈折が0.073のものをを用いたとすれば、許容される凹凸の高さは1.01 μ mになるので、それより低い0.5 μ mにしている。

【0110】

このようにして得られた第5の実施の形態の反射型液晶表示装置について評価を行ったところ、ノーマリクローズ型の表示特性が得られ、反射率の最大値は24.8%であり、コントラスト比は32:1になっている。

【0111】

ちなみに、第5の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、光拡散性反射電極13の凹凸の高さの許容値が1.01 μ m以下であるが、凹凸の高さをその許容値以外の値、例えば凹凸の高さを1.5 μ mに設定したものについて表示特性の評価を行ったところ、コントラスト比が11:1に低下していた。このように、光拡散性反射電極13の凹凸の高さを許容値内に収めなければ、高いコント

ラスト比が得られないことが判る。

【 0 1 1 2 】

続く、本発明の第 6 の実施の形態においては、図 4 及び図 5 に示されている高コントラストを与える解の分布領域を示す A 群乃至 E 群の中の E 群の解を選択している。

【 0 1 1 3 】

ここで、図 2 0 は、E 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図であり、図 2 1 は、同じく E 群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【 0 1 1 4 】

図 2 0 において、横軸は $n m$ で表した液晶層リタデーションであり、縦軸は $n m$ で表した位相板リタデーションである。また、図 2 1 において、横軸は度で表した位相板遅相軸方位角であり、縦軸は度で表した偏光板吸収軸方位角である。

【 0 1 1 5 】

この第 6 の実施の形態においては、図 2 0 に示されるように、液晶層 3 のリタデーションを $200 n m$ 乃至 $370 n m$ の範囲内とし、位相板 4 のリタデーションを $10 n m$ 乃至 $240 n m$ の範囲内とし、同時に、図 2 1 に示されるように、位相板 4 の遅相軸方位角を 95 度乃至 180 度の範囲内とし、偏光板 5 の吸収軸方位角を 0 度乃至 25 度の範囲内、及び、 160 度乃至 180 度の範囲内として、解を満たす組み合わせの選択設定を行っている。

【 0 1 1 6 】

また、第 6 の実施の形態においては、E 群の解を選択したので、液晶層 3、位相板 4、偏光板 5 の各光学パラメータは、次のように選定した。図 4 に示す特性図から、液晶層厚と液晶材料の複屈折との積を $290 n m$ にし、液晶層 3 のツイスト角を 90 度に選定した。また、図 5 に示す特性図から、位相板 4 のリタデーションを $130 n m$ にし、図 2 1 に示す特性図から、位相板 4 の遅相軸方位角を 130 度にし、偏光板 5 の吸収軸方位角を 22 度に選定した。

【 0 1 1 7 】

さらに、第 6 の実施の形態においては、液晶層 3 のツイスト角を 90 度に選定

しているものであるが、図 6 に示される特性図においては、ツイスト角が 75 度である直線に着目した。この直線において、20 : 1 のコントラスト比が得られる凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を求めると、凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積は 74 nm 以下になるので、ここでは凹凸の高さと液晶材料の複屈折との積を 74 nm 以下にしている。この場合、液晶材料として複屈折が 0.073 のものを用いたとすれば、許容される凹凸の高さは 1.01 μ m になるので、それより低い 0.5 μ m にしている。

【0118】

このようにして得られた第 5 の実施の形態の反射型液晶表示装置について評価を行ったところ、ノーマリクローズ型の表示特性が得られ、反射率の最大値は 24.8 % であり、コントラスト比は 25 : 1 になっている。

【0119】

ちなみに、第 6 の実施の形態の反射型液晶表示装置においては、光拡散性反射電極 13 の凹凸の高さの許容値が 1.01 μ m 以下であるが、凹凸の高さをその許容値以外の値、例えば凹凸の高さを 1.5 μ m に設定したものについて表示特性の評価を行ったところ、コントラスト比が 12 : 1 に低下していた。このように、光拡散性反射電極 13 の凹凸の高さを許容値内に収めなければ、高いコントラスト比が得られないことが判る。

【0120】

【発明の効果】

このように、本発明の液晶表示装置によれば、液晶層の特性と光拡散性反射電極の凹凸形状として、液晶層のツイスト角の範囲、及び、光拡散性反射電極の凹凸の高さと液晶層の複屈折の積をそれぞれ前述のような範囲に選択したことにより、高コントラスト比を有する良好な液晶表示を行うことができる液晶表示装置が得られるという効果があり、この液晶表示装置を携帯型情報機器等に搭載すれば、携帯型情報機器等の使用範囲を周囲の明るさに殆ど依存しない範囲に拡大させることができるという効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明による液晶表示装置の実施の形態に係わるもので、液晶表示装置の構成を示す断面図である。

【図 2】

液晶層のツイスト角と液晶層厚変動に伴う位相差変動との関係を示す特性図である。

【図 3】

液晶層への印加電圧と、視角変動に伴う位相差変動及び液晶層厚変動に伴う位相差変動との関係を示す特性図である。

【図 4】

液晶層のリタデーションとツイスト角との関係を示す特性図である。

【図 5】

位相板のリタデーションと液晶層のツイスト角との関係を示す特性図である。

【図 6】

光拡散性反射電極の凹凸の高さと液晶材料の複屈折の積と、コントラスト比との関係を示す特性図である。

【図 7】

C 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図である。

【図 8】

C 群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【図 9】

第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置の評価を示すもので、液晶層への印加電圧と反射率との関係を示す特性図である。

【図 1 0】

第 1 の実施の形態の反射型液晶表示装置における位相板の N z 係数とコントラスト比との関係を示す特性図である。

【図 1 1】

N z 係数が 1. 0 の液晶層と N z 係数が 0. 0 の位相板とを組み合わせるとき

の特性図である。

【図 1 2】

視角（極角）の変化と位相差変化量との関係を示す特性図である。

【図 1 3】

第 4 の実施の形態の反射型液晶表示装置における視角（極角）の変化と位相差変化量との関係を示す特性図である。

【図 1 4】

A 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図である。

【図 1 5】

A 群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【図 1 6】

B 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図である。

【図 1 7】

B 群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【図 1 8】

D 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図である。

【図 1 9】

D 群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特性図である。

【図 2 0】

E 群の解における液晶層リタデーションと位相板リタデーションとの関係を示す特性図である。

【図 2 1】

E 群の解における偏光板吸収軸方位角と位相板遅相軸方位角との関係を示す特

性図である。

【図 2 2】

第 1 位相板と第 2 位相板及び液晶層における屈折率楕円体の配置状態を示す説明図である。

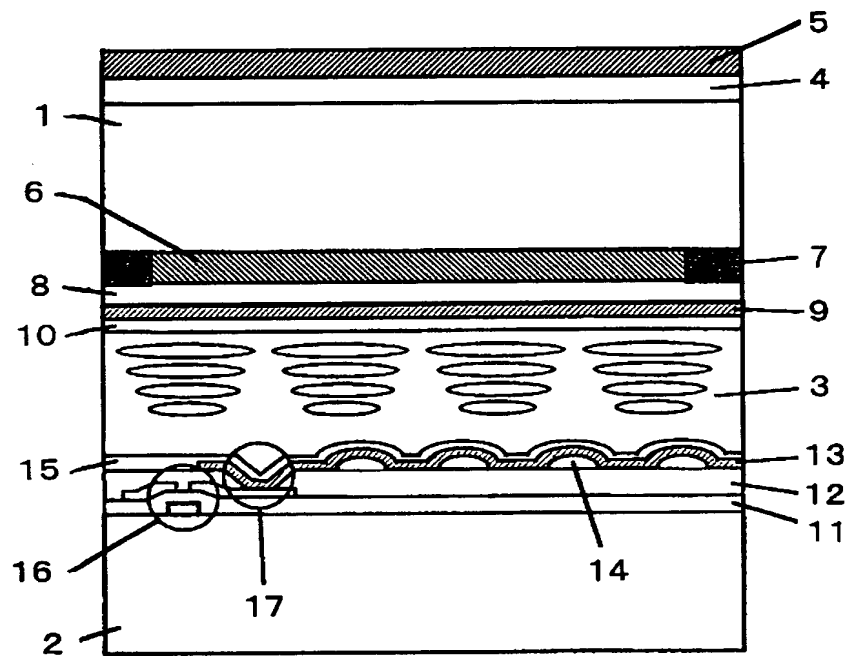
【符号の説明】

- 1 上側基板
- 2 下側基板
- 3 液晶層
- 4 位相板
- 5 偏光板
- 6 カラーフィルタ
- 7 ブラックマトリクス
- 8 平坦化層
- 9 共通電極
- 1 0 第 1 配向膜
- 1 1 第 1 絶縁膜
- 1 2 第 2 絶縁膜
- 1 3 光拡散性反射電極
- 1 4 凹凸形成層
- 1 5 第 2 配向膜
- 1 6 薄膜トランジスタ
- 1 7 スルーホール

【書類名】 図面

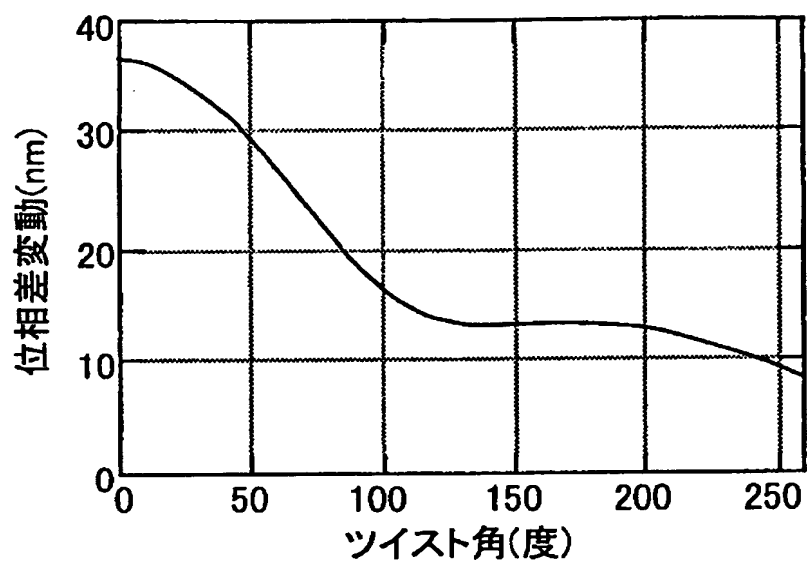
【図 1】

图 1



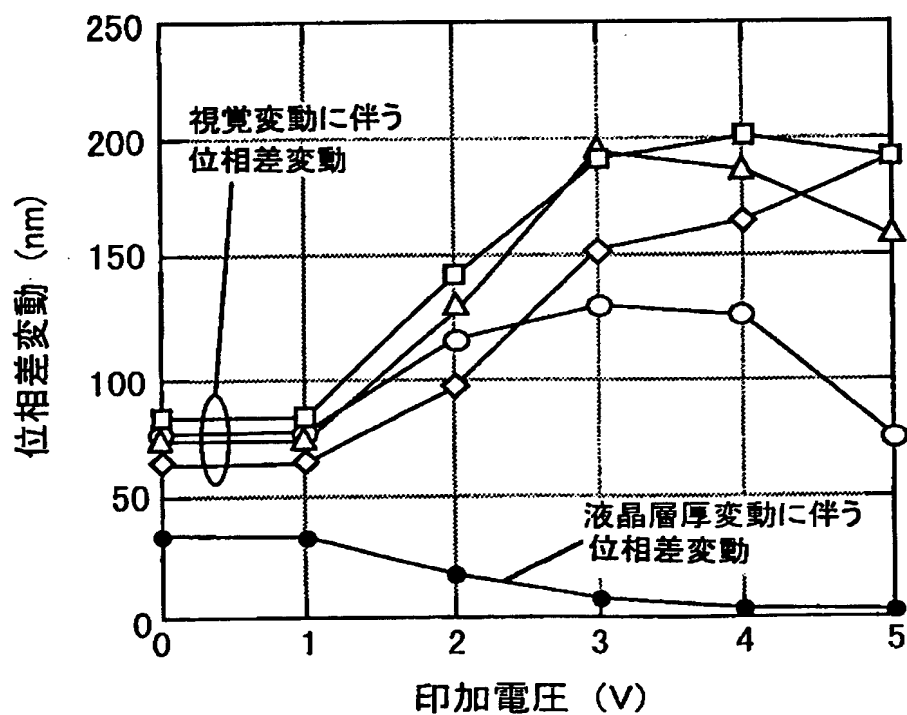
【図2】

図 2



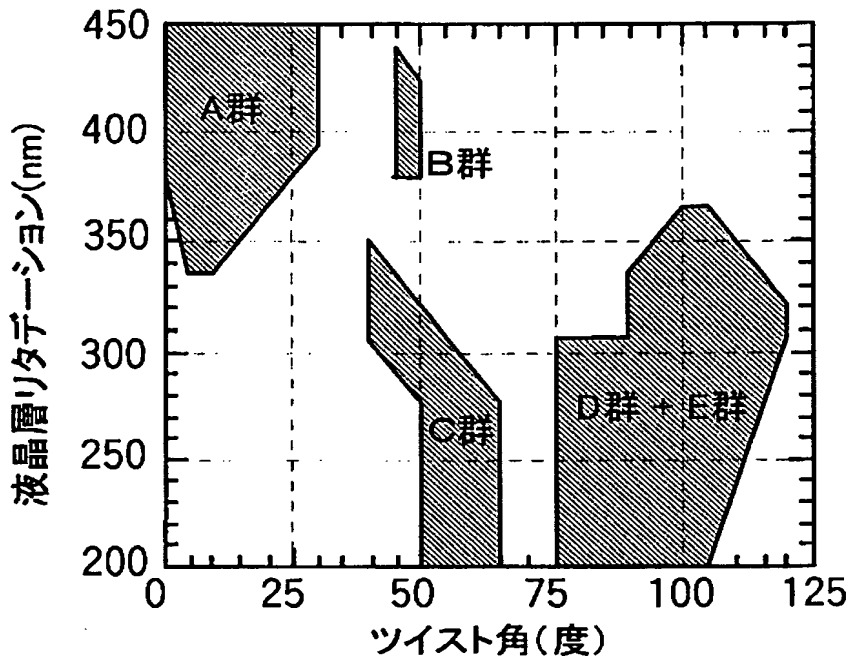
【図3】

図 3



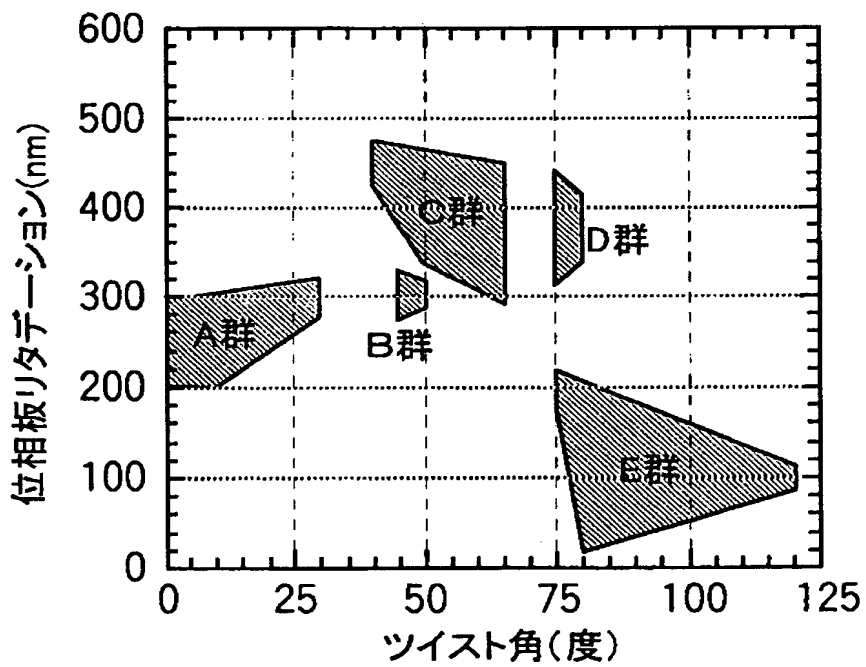
【図4】

図 4



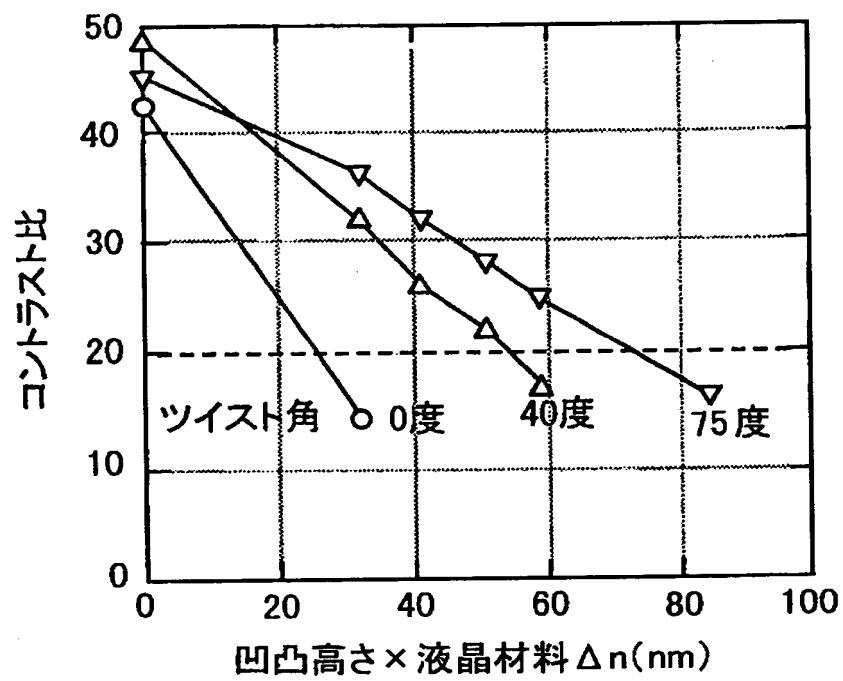
【図5】

図 5



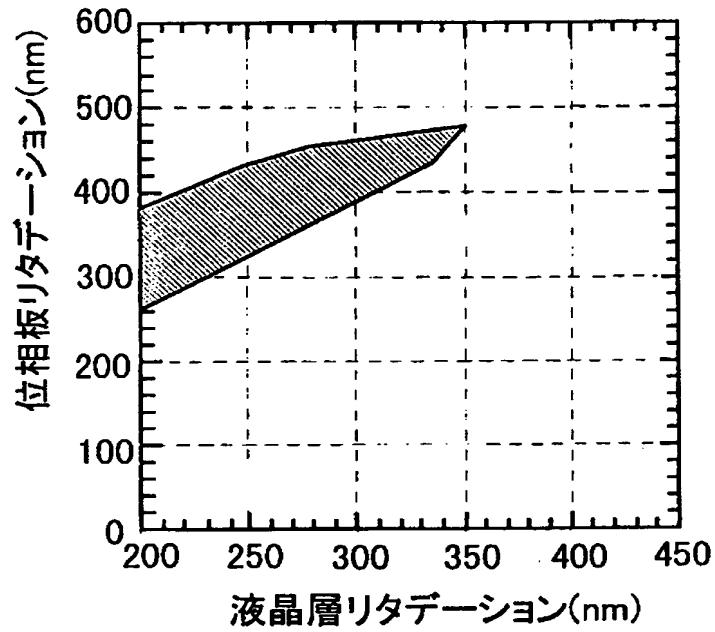
【図6】

図 6



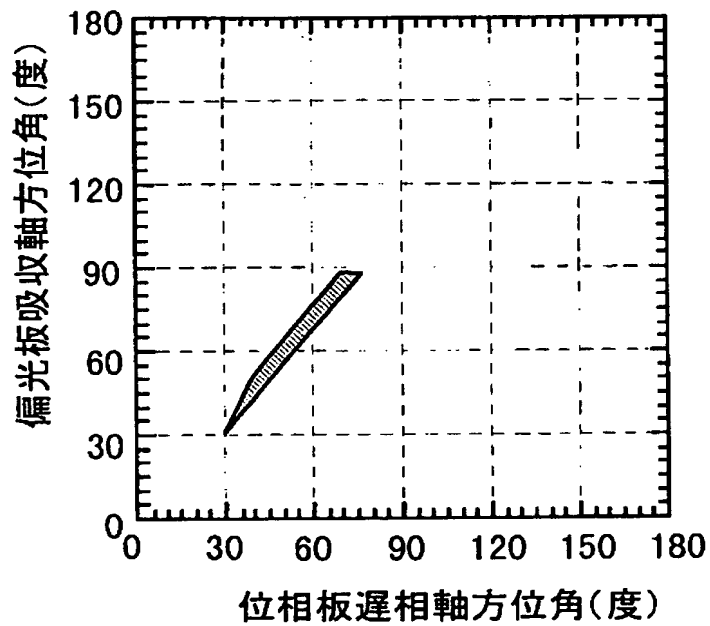
【図 7】

図 7



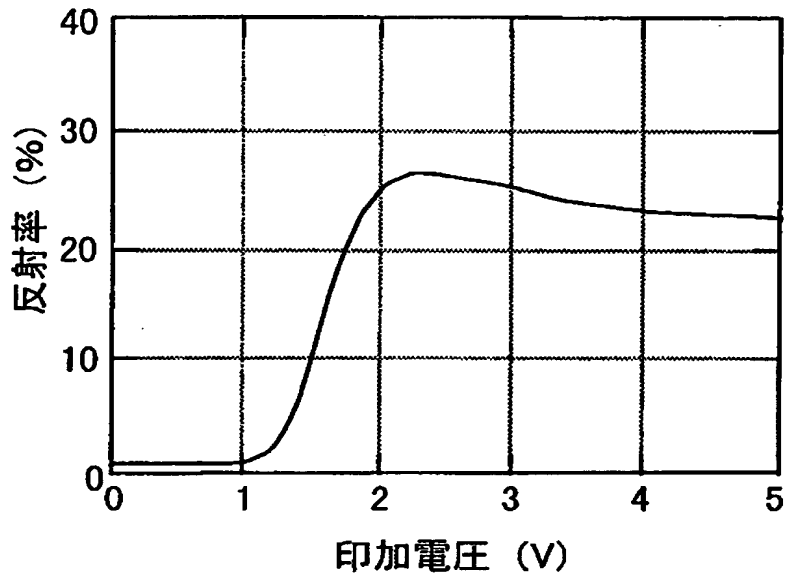
【図 8】

図 8



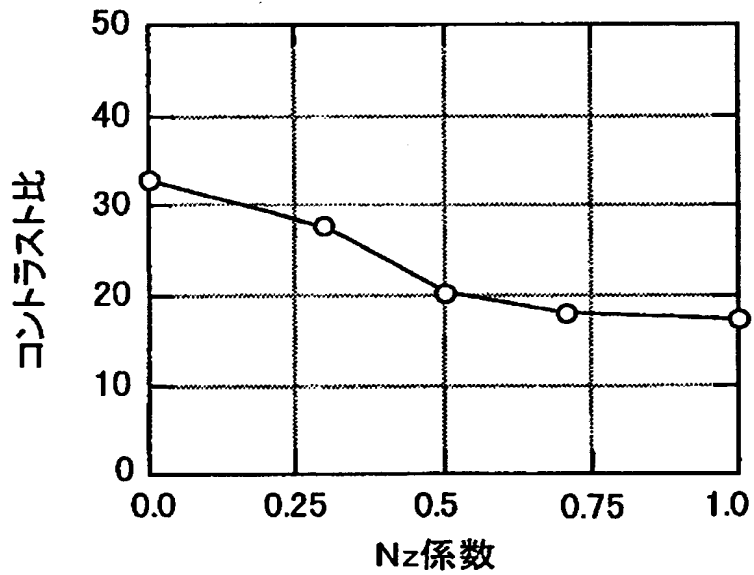
【図 9】

図 9



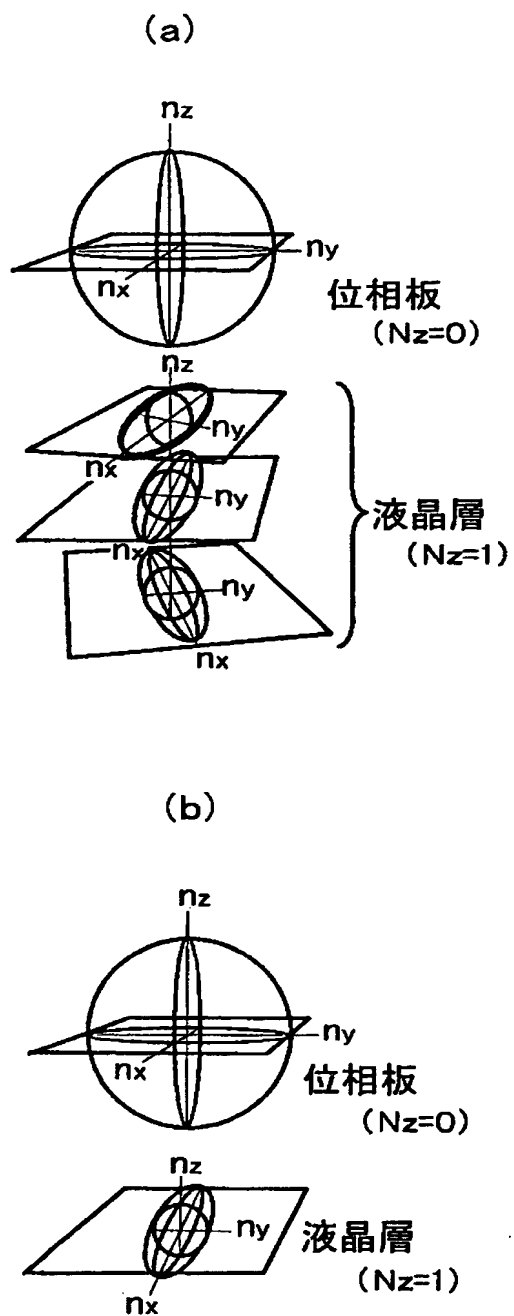
【図 1 0】

図 10



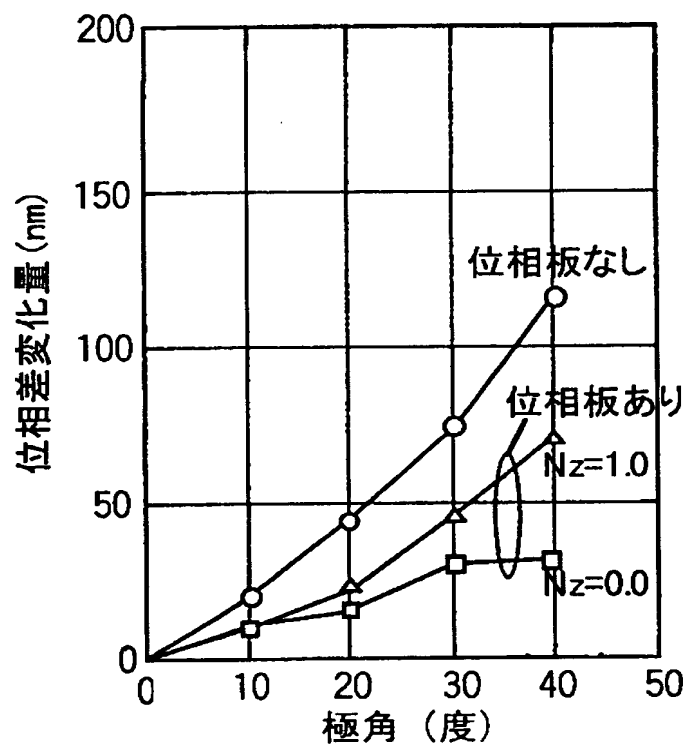
【図 11】

図 11



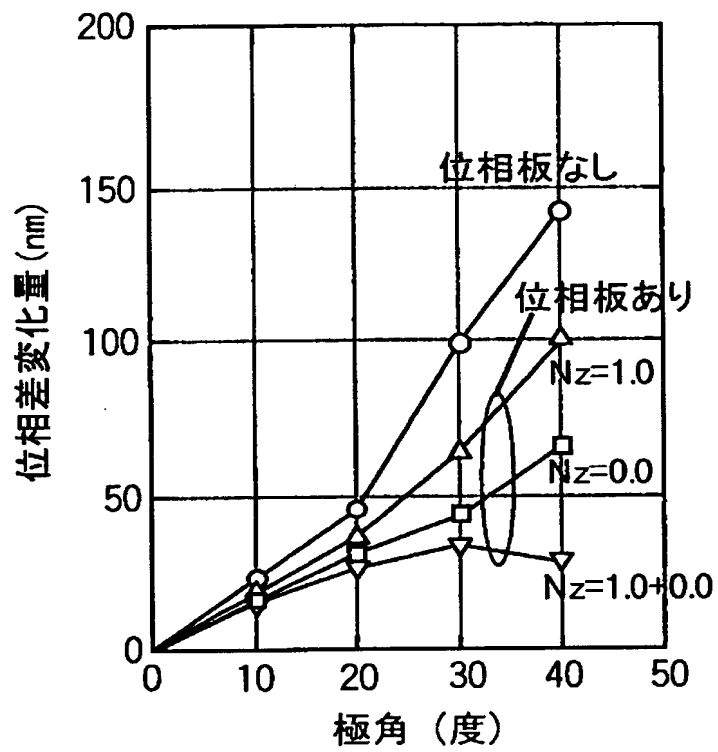
【図 12】

図 12



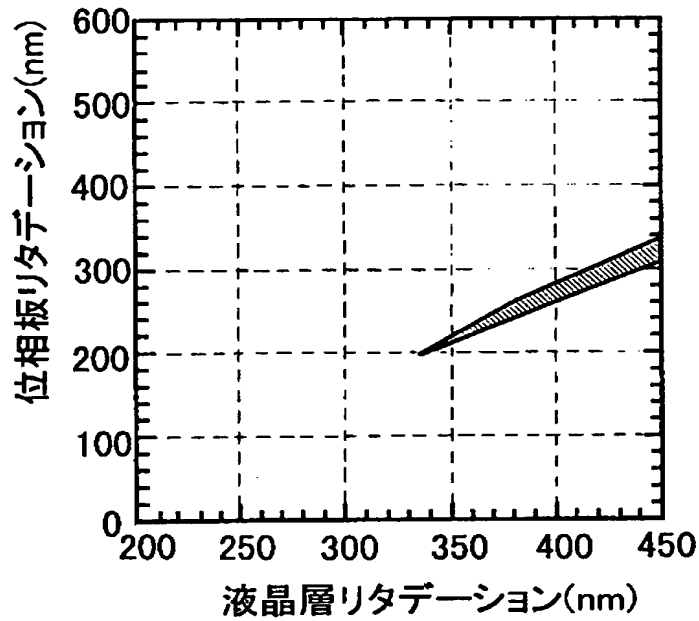
【図13】

図13



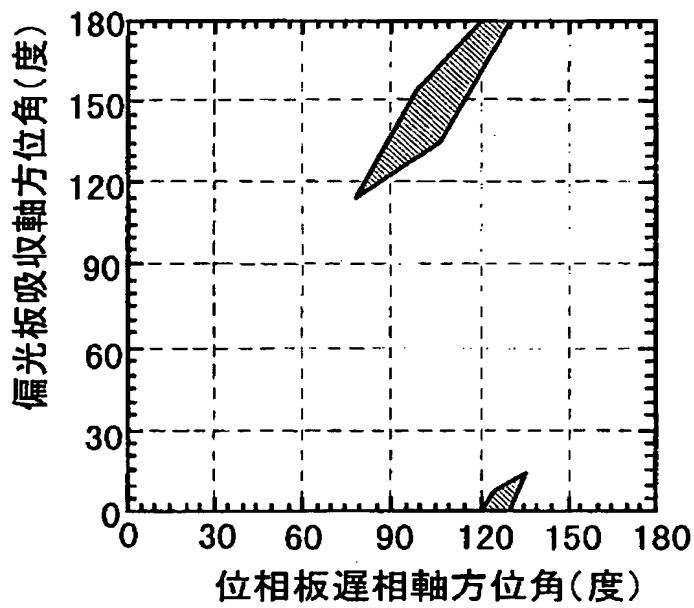
【図 14】

図 14



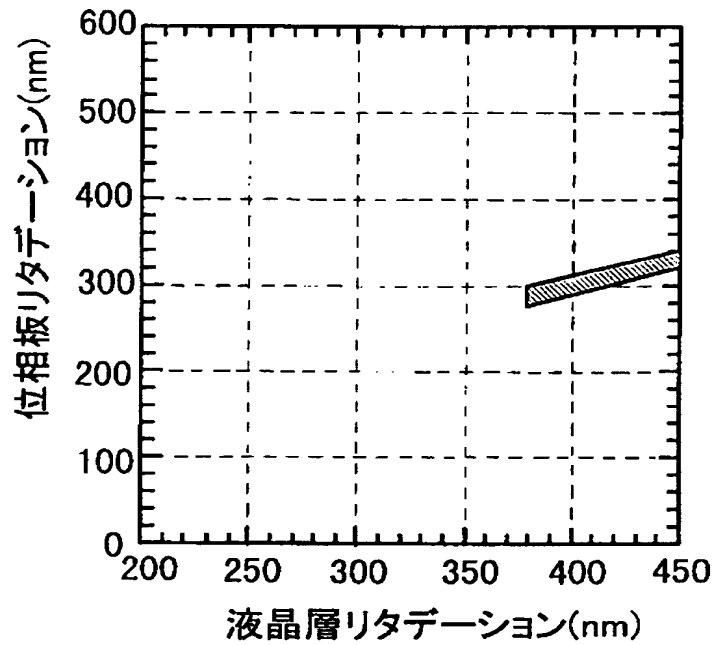
【図 15】

図 15



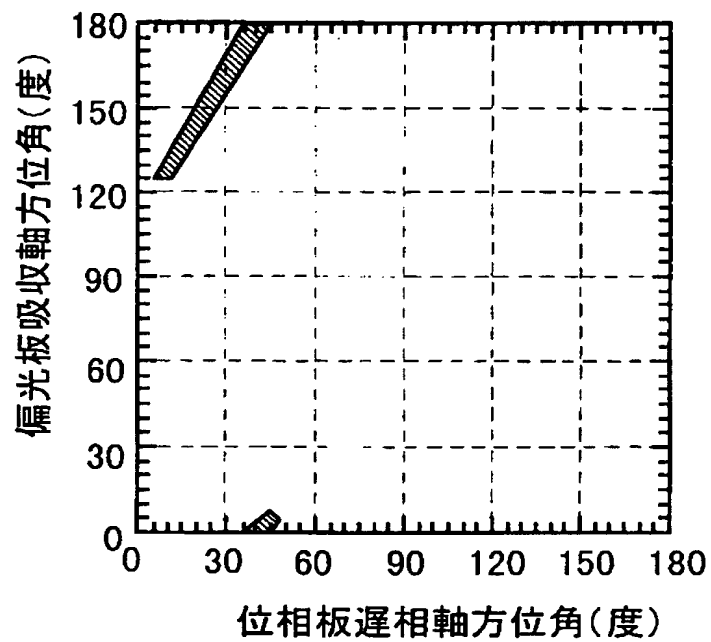
【図 16】

図 16



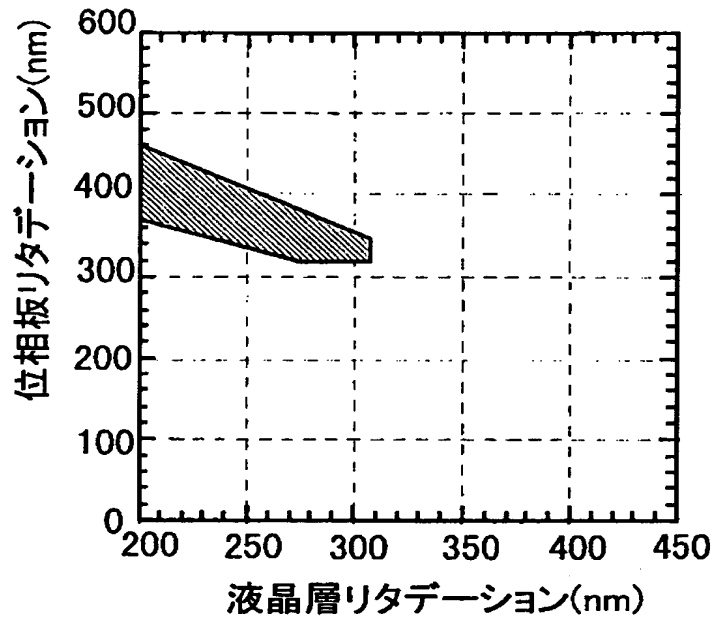
【図 17】

図 17



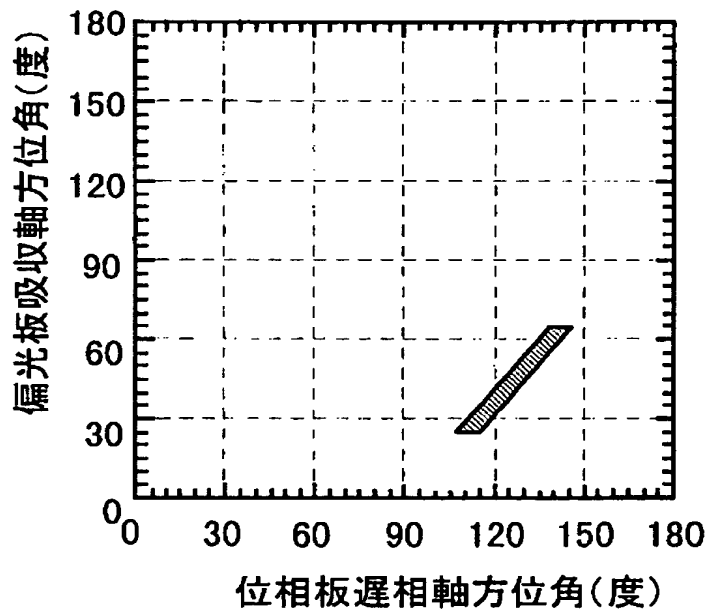
【図 1 8】

図 18



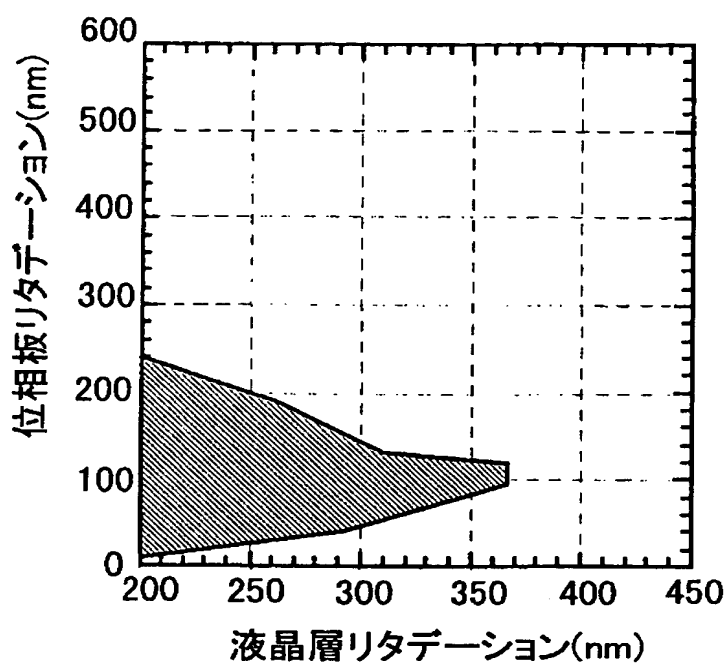
【図 1 9】

図 19



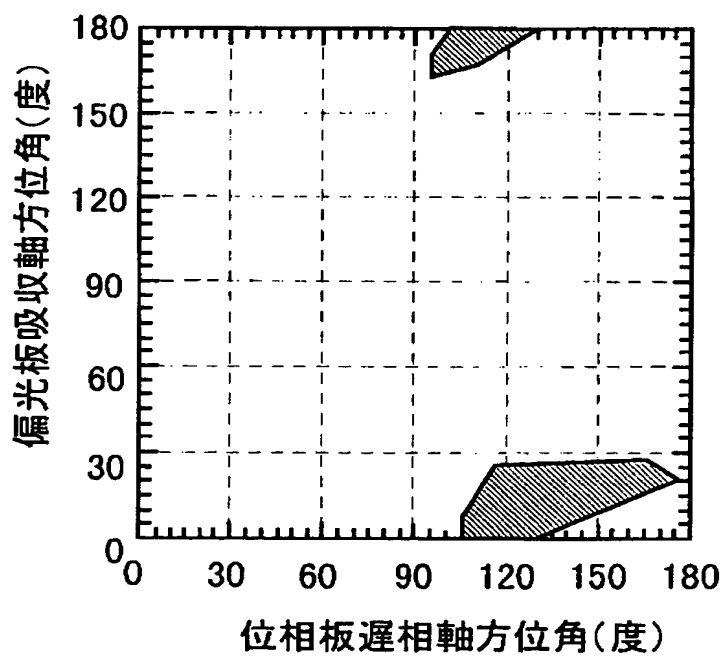
【図 2 0】

図 20



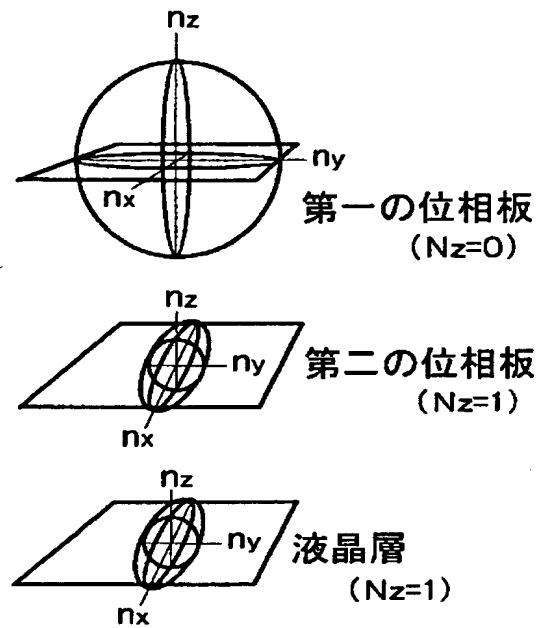
【図 2 1】

図 21



【図 2 2】

図 22



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 視角変動に伴う位相差変動と液晶層厚の変動に伴う位相差変動とを低減して高コントラスト比の表示を行う反射型液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 一面に共通電極 9 を形成し、他面に位相板 4 及び偏光板 5 を配置した上側基板 1、直交配置した複数の信号線及び複数の走査線、複数の信号線と複数の走査線の各交差領域に配置した薄膜トランジスタ 16、複数の凹凸を有し、各薄膜トランジスタ 16 に接続された光拡散性反射電極 13 を形成した下側基板 2、上側基板 1 と下側基板 2 間に挟持した液晶層 3、共通電極 9 と複数の信号線と複数の走査線に接続された駆動部を備え、液晶層 3 がノーマリクローズ表示を行う反射型液晶表示装置であり、液晶層 3 は、40 度乃至 65 度の範囲内のツイスト角を有し、ツイスト角が 40 度のときに光拡散性反射電極 13 の凹凸の高さと液晶層 3 の複屈折の積が 10 nm 乃至 53 nm の範囲内にある。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歷 情 報

識別番号 [000005108]

1. 変更年月日	1990年 8月31日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地
氏 名	株式会社日立製作所